

課題名 (タイトル) :

重イオン加速器科学における多粒子シミュレーション

利用者氏名 : 福西 暢尚

所属 : 仁科加速器研究センター加速器基盤研究部運転技術チーム

<p>1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係</p> <p>申請者は仁科加速器研究センターの重イオン加速器施設 RI ビームファクトリー (RIBF) の建設、運転、性能向上に携わってきた。加速器においても大規模数値シミュレーションは重要で、例えば加速中ビームの挙動を解析する多粒子シミュレーションは加速器の設計、性能向上に必須である。これをリアルタイムで実現出来れば加速器運転パラメータの最適化が可能となる。また、モンテカルロフィルタなど効率良く並列化可能な手法を用いた多変量時系列解析は加速器システムの不安定性の解析に有効である。これら並列計算に適した様々な解析を行うことにより RIBF の高度化に貢献する。</p>	<p>この部分に関しては並列化効率が悪いので更なる並列化チューニングが必要である。また、隣接バンチまで含めた計算においては、計算に取り込む隣接バンチ数を増やしていった際の収束が極めて遅いことが明らかとなり、現在対応策を検討中である。</p>
<p>2. 具体的な利用内容、計算方法</p> <p>RIBF のサイクロトロン用に開発した現実的シミュレータを MPI で並列化し、高速で計算することによりビームの挙動解析を行う。数値計算として見れば、このコードは有限要素法を用いて計算された外部電磁場、及び粒子が作る自己電磁場中の粒子の時間発展を数値微分で解くというもので、自己場は粒子-メッシュ法で取り扱われている。自己場の計算方法に関しては種々の方法が提案されており、開発済のコードは 1 バンチのビームに対して離散フーリエ展開を用いて解いているが、近年主流になりつつある隣接バンチまで含めた計算を可能にするべくプログラムを拡張している。</p>	<p>4. まとめ</p> <p>本課題の第一目標であるリアルタイムな RIBF のビーム挙動解析は原理的に実現可能であることは明らかとなっているが、最近の研究の動向として、隣接バンチを取り込んだより現実的な計算が必要で、これには従来の 100 倍に相当する <math>10^8</math> 個程度の粒子に対してシミュレーションを行う必要があり、計算コードの高度化を引き続き行っていく。</p>
<p>3. 結果</p> <p>1 バンチの計算に対しては開発用 PC レベルの並列計算で粒子数 <math>10^6</math> 個程度の計算を行っている。</p>	<p>5. 今後の計画・展望</p> <p>より多くの粒子の挙動を高速にシミュレーションするため、またより現実的な境界条件に対応するためにはコードの基幹部分のアルゴリズムを改良する必要があり、当初想定した以上に時間を要している。出来るだけ早く改良を完了させたい。</p> <p>6. 利用がなかった場合の理由</p> <p>上記ソフトウェア改造に関しては自分の PC を用いて行っているため RICC を使用しなかった。改造後、必要に応じて RICC を利用したい。</p>